

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 5 月 16 日 (16.05.2002)

PCT

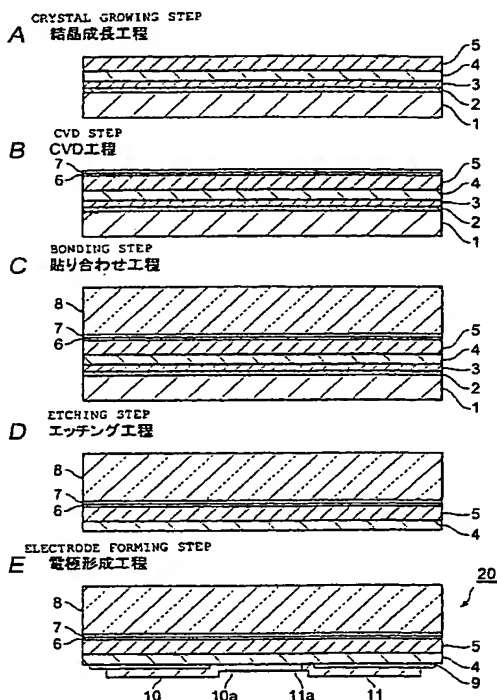
(10) 国際公開番号  
WO 02/39506 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 31/101
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/09834
- (22) 国際出願日: 2001 年 11 月 9 日 (09.11.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2000-343940  
2000 年 11 月 10 日 (10.11.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)  
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 新垣 実
- (74) 代理人: 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.);  
〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,

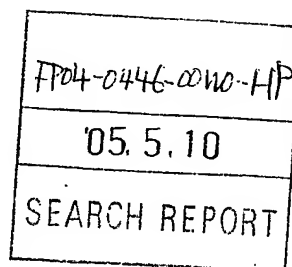
[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR PHOTODETECTOR

(54) 発明の名称: 半導体光検出器の作製方法



(57) Abstract: A multilayer film (2-7) including a light absorbing layer (4) is formed on a GaAs substrate. The GaAs substrate (1) is superposed on a glass substrate (8) in such a way that the top layer (7) of the film is in contact with the glass substrate (8). The GaAs substrate (1) and the glass substrate (8) are pressed and heated to fuse them together. The GaAs substrate (1) and a buffer layer (2) are removed by etching, and then an etching stop layer (3) is removed. Comb-shaped Schottky electrodes (10, 11) are so formed as to be spaced from each other and in contact with the light absorbing layer (4).



[続葉有]



WO 02/39506 A1



LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

---

(57) 要約:

光吸収層4を含んだ多層膜2～7をGaAs基板上に形成する。このGaAs基板1とガラス基板8とを、多層膜の最表面膜7とガラス基板8とが互いに接触するように重ね合せた後、GaAs基板1とガラス基板8との間に圧力をかけると共に加熱して、両基板1, 8を融着する。次に、エッチングによって、まずGaAs基板1とバッファ層2とを除去し、続けてエッチング停止層3を除去する。そして、光吸収層4と接すると共に互いに隔たった櫛型ショットキー電極10, 11を形成する。

## 明細書

### 半導体光検出器の作製方法

#### 技術分野

5 本発明は、入射光の吸収により電子と正孔とが励起される光吸収層を備える半導体光検出器の作製方法に関する。

#### 背景技術

10 光ローカルエリアネットワーク (Local Area Network : LAN) においては、数 Gb/s (Gigabit per second) の通信速度で光信号の送受信が行われている。しかし、通信情報量の増大に伴い、今後は 10 Gb/s 以上の通信速度での光信号の送受信が行われるものと見られる。現在の光 LAN では、主に PIN フォトダイオード (P-I-N Photo Diode : PIN-PD) を用いた光検出装置が用いられているが、PIN-PD は数 Gb/s の通信速度には対応可能であるものの、更に高速な通信速度には十分に対応できない。そのため、PIN-PD よりも更に高速での動作が可能な光検出器が望まれている。

#### 15 発明の開示

金属-半導体-金属型フォトダイオード (Metal-Semiconductor-Metal Photo Diode : MSM-PD) は、PIN-PD と比較すると応答速度が速く、10 Gb/s 以上の通信速度にも十分に対応し得るため、より高速な通信を可能とする光検出器として有望視されている。

20 しかしながら、MSM-PD は、光入射面に形成される櫛型ショットキー電極によって入射光が遮蔽又は吸収されてしまうため光検出感度が低いという問題があり、そのため、光 LAN への適用が妨げられていた。

ところで、波長が 1.7  $\mu\text{m}$  の赤外光を光検出する MSM-PD は、InP 基板を用いて作製される。この MSM-PD の場合には、波長 1.7  $\mu\text{m}$  の光は InP 基板を透過して光吸収層に到達し得るため、InP 基板側から光を入射することによってショットキー電極による入射光の遮蔽又は吸収を回避することができる。

このような基板側から光を入射させる方法は、例えば、文献 *Appl. Phys. Lett.* 67(3), 17 July 1995. pp. 413-415 に報告されている。

しかしながら、GaAs 基板を用いて作製される波長 850 nm、又は近赤外光を光検出する MSM-PD の場合には、GaAs 基板側から光を入射すると、GaAs 基板に吸収されてしまい、光吸収層へ到達することができない。そのため、光を電極側から入射せざるを得ず、電極による入射光の遮蔽又は吸収が避けられなかった。

これを解決するために、エピタキシャルリフトオフ法を利用して作製された MSM-PD 及びその作製方法が提案されている。例えば、特開平 6-151946 号公報に記載された光検出素子は、半導体基板上に形成された光吸収層及び窓層等より成る多層膜をエピタキシャルリフトオフ法によって半導体基板から剥離し、この多層膜を他の基板上に接着して構成される。このとき、光は多層膜に形成される電極面とは反対の面から入射されるが、この面の最表面層は窓層であり、入射光は窓層には吸収されることなく光吸収層に到達し得る。そのため、MSM-PD の光検出感度の向上が図れる。

さらに、特開平 5-259500 号公報に記載された光検出素子は、上記と同様にして基板から剥離した多層膜を透明基板上に接着して構成される。ここでは、多層膜上に形成される電極は透明基板との接着面と反対の面であり、光は透明基板側から入射される。そのため、入射光は電極によって遮蔽又は吸収されることなく光吸収層に到達し得る。その結果、MSM-PD の光検出感度が向上される。

しかし、このようにして MSM-PD を作製する場合には、以下の問題があった。すなわち、半導体基板上に形成される多層膜は厚さが数ミクロンであるため、半導体基板から剥離した後の多層膜は、機械的強度が低く、透明基板上に接着する作業中に破損してしまうことが多かった。そのため、生産歩留まりの低下を招くという

問題があった。また、このような薄い層を取り扱うためには、特別な装置又は治具等が必要であり、生産コストを上昇させるという問題もあった。

そこで、本発明は、このような事情を鑑みて成されたものであり、光検出感度が高く、高速度光通信に対応可能な半導体光検出器を生産性良く作製する方法を提供することを目的とする。

そこで、本発明の半導体光検出器の作製方法は、入射光の吸収により電子と正孔とが励起される光吸収層を備える半導体光検出器を作製する方法であって、(1) 光吸収層を含む多層膜を半導体基板上に形成し、(2) 多層膜の最表面膜が、入射光に対して透明な材料で構成された透明基板の一方の面と接触するように、多層膜が形成された半導体基板と透明基板とを接着し、(3) 透明基板上に少なくとも光吸収層が残存するように、透明基板に接着された半導体基板、若しくは半導体基板と多層膜の一部の層とを除去し、(4) 透明基板に残存した多層膜上に、互いに隔たった2つの電極を形成すること、を特徴とする。

このような作製方法により作製された半導体光検出器では、光を透明基板側から入射させることにより、光吸収層の透明基板と反対側の面に設けられた電極に遮蔽又は吸収されることなく、光を光吸収層に到達させることができる。これにより、半導体光検出器の光検出感度を向上できる。

また、多層膜が形成された半導体基板と透明基板とを接着した後に、半導体基板と多層膜の一部の膜を除去するので、透明基板上に残された多層膜は、この透明基板に機械的に保護され得る。そのため、作製中に多層膜が破損してしまうことがなく、歩留まり良く半導体光検出器を作製できる。

また、多層膜を形成する際に、光吸収層と半導体基板との間に設けられ、光吸収層と異なる材料から構成される停止層が多層膜に含まれるよう形成し、透明基板に接着された半導体基板、若しくは半導体基板と多層膜のうちの一部分の層とを除去する際に、半導体基板と、半導体基板と停止層との間に存在する多層膜の一部分の層と、を除去した後、停止層を除去することを特徴とすることができる。

このようにすれば、半導体基板及び停止層との間に存在する多層膜の一部の膜をエッチング可能であり、停止層をエッチング可能でないエッチング液と、停止層をエッチング可能であり、光吸収層をエッチング可能でないエッチング液とを適宜選択して用いることで、半導体基板と、半導体基板と停止層との間に存在する多層膜の一部の層とを除去し、その後、停止層だけを除去できる。そのため、光吸収層を残して半導体基板と多層膜の一部の膜とを確実に容易に除去できる。

さらにまた、透明基板が硼珪酸ガラスから構成され、且つ多層膜の最表面膜がケイ素の酸化物から構成されており、多層膜の最表面層と透明基板の一方の面とが互いに接触するように、多層膜が形成された半導体基板と透明基板とを融着させると好適である。

これにより、多層膜の形成された半導体基板と透明基板とを接着剤等を用いることなく接着することができる。そのため、透明基板側から入射された光は、接着剤により吸収されるということなく光吸収層に到達し得る。

#### 図面の簡単な説明

図 1 A、図 1 B、図 1 C、図 1 D、図 1 E は本実施の形態の作製方法により MSM-PD を作製する工程と、各工程終了後の MSM-PD の断面を示す模式図である。

図 2 A は、本実施形態の作製方法により作製された MSM-PD をショットキー電極 10、11 側から見た平面図である。

図 2 B は図 2 A の平面図の I-I 線に沿う断面図である。

図 3 は MSM-PD をパッケージ 31 に組み込んだ光検出装置を示した模式図である。

図 4 A は、MSM-PD を用いて構成された光検出器を電極側から見た平面図である。

図 4 B は図 4 A の平面図の I-I 線に沿う断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面と共に本発明による半導体光検出器の作製方法の好適な実施形態について説明する。なお、以下の説明においては、同一の要素には同一の符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

また、図面においては、GaAs基板上に成長される各エピタキシャル層の層厚の比率を始めとして、寸法比率は、説明のものとは必ずしも一致していない。

図1A、図1B、図1C、図1D、図1Eは、本実施の形態の作製方法によりMSM-PDを作製する工程と、各工程終了後のMSM-PDの断面を示す模式図である。この作製方法は、結晶成長工程、CVD工程、貼り合わせ工程、エッチング工程、及び電極形成工程に分けることができ、これらの工程が順次実施される。

#### (1) 結晶成長工程

まず、有機金属化学気相堆積(Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)装置を用いて、GaAs基板1上にバッファ層2(GaAs)、エッチング停止層3( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ )、光吸収層4(GaAs)、及び窓層5( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ )を順次エピタキシャル成長する。

各層2～5の膜厚は、バッファ層2が $0.5\mu\text{m}$ 程度、エッチング停止層3が $1\mu\text{m}$ 程度、光吸収層4が $2\mu\text{m}$ 程度、及び窓層5が $10\mu\text{m}$ 程度であると好適である。

エッチング停止層3のAl組成比 $x$ は $0.5$ 以上とするのが好ましい。これは、この $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ は、後述するGaAsをエッチングする際に使用されるエッチング液によってエッチングされにくいためである。また、窓層5のAl組成比 $x$ は $0.3$ 以上とするのが好ましい。

波長 $850\mu\text{m}$ 以上の光を光検出するのであればAl組成比 $x$ は $0.04$ であればよいが、より好適な窓層5としてはAl組成比 $x$ は $0.3$ 以上が好ましい。ただし、窓層5のAl組成比 $x$ は、光検出する光の波長により適宜決定されて良く、例えば、波長 $650\mu\text{m}$ の短波長光を光検出するのであれば、Al組成比 $x$ は $0.4$ 以上が必要となる。

## (2) CVD工程

次に、プラズマCVD薄膜堆積装置を用いて、上記の窓層5の上に、反射防止膜6 (SiNx)と最表面膜7 (SiO<sub>2</sub>)とを形成する。

5      ここでは、プラズマCVDを用いた場合を例に説明するが、本発明はこれに限られるものではなく、所望の反射防止膜と最表面膜が堆積できれば、例えば熱CVD法、スパッタ法等を用いることができる。

10      反射防止膜6の膜厚は約0.1 μm、最表面膜7の膜厚は0.1~0.2 μmであるとよい。反射防止膜6の膜厚0.1 μmは、波長850 nmの入射光を効果的に透過させるのに好適な厚さであり、具体的には $\lambda/4n$  ( $\lambda$ :入射光の波長、 $n$ :反射防止膜6の屈折率)に合わせるのが望ましい。

以上の(1)結晶成長工程及び(2)CVD工程により、光吸収層4を含む多層膜がGaAs基板1上に形成される。なお、GaAs基板1も、各層が形成された後のGaAs基板もいずれも(半導体)基板である。

15      すなわち、多層膜は以下の層構造を有する。なお、各数値は10%の誤差を含むこととしてもよい。

表 1

各層	材料	組成	厚み
最表面膜7:	SiO <sub>2</sub>	—	0.1~0.2 μm
20 反射防止膜6:	SiNx	—	0.1 μm
窓層5:	Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As	$x \geq 0.3$	1 μm
光吸収層4	GaAs	—	2 μm
エッチング停止層3:	Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As	$x \geq 0.5$	1 μm
バッファ層2:	GaAs	—	0.5 μm
25 基板1:	GaAs	—	350 μm



### (3)貼り合わせ工程

続いて、上記の多層膜2～7が積層されたGaAs基板1とガラス基板8とを融着する。まず、ガラス基板8の表面を清浄化する。次に、この清浄化された表面と最表面膜7とが互いに接触するように、ガラス基板8とGaAs基板1とを重ね合わせる。このように重ね合わせた状態で加圧及び加熱を行い、両基板1, 8を融着により貼り合わせる。

具体的には、重ね合わせたガラス基板8とGaAs基板1との間に加える圧力は約100kPaであり、このときの加熱温度としては500～700℃が好ましい。GaAs基板1上の最表面膜7はSiO<sub>2</sub>より成るので、このような条件で加圧及び加熱を行うことにより、最表面膜7とガラス基板8の表面とが融着し、GaAs基板1とガラス基板8とが互いに接着される。

なお、この貼り合わせ工程を実施するに際しては、ガラス基板8の表面ばかりではなく、GaAs基板1上の最表面膜7も清浄であることが望ましい。そのためには、例えば、最表面膜7を形成したプラズマCVD装置からGaAs基板1を取り出した直後に融着作業を行うなどの工夫をするとよい。

また、ここではガラス基板8としてコーニング社製の7056番のガラス基板8若しくはこれと同等のガラス基板を用いるのが好適である。その理由は、このガラス基板8の熱膨張係数がGaAsの熱膨張係数と略等しいことにある。これにより、加熱後の冷却工程において、熱膨張係数の差によりGaAs基板1とガラス基板8との間に生じる応力を極力低減でき、応力に起因する接着強度の低下および結晶欠陥の導入を最大限に抑えることができる。但し、ガラス基板としては7056ガラスに限定されるわけではなく、熱膨張係数がGaAsに近いものであれば、特性を損なわずに用いることが可能である。

### (4)エッチング工程

ガラス基板8とGaAs基板1とが貼り合わされた後には、ガラス基板8の反対側において、GaAs基板1の裏面が露出されている。エッチング工程では、Ga

As 基板 1 の裏面側から、GaAs 基板 1、バッファ層 2、及びエッチング停止層 3 をエッチングにより除去する。

まず、GaAs 基板 1 とバッファ層 2 とをエッチングすることができ、エッチング停止層 3 に対しエッチング速度の遅いエッチング液を用いて、GaAs 基板 1 とバッファ層 2 とを除去する。続けて、エッチング停止層 3 をエッチングすることができ、光吸収層 4 をエッチング速度の遅いエッチング液を用いて、エッチング停止層 3 を除去する。これにより、光吸収層 4 及び窓層 5 等が積層されたガラス基板 8 が得られる。

実際に使用するエッチング液としては、アンモニア水 ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) と過酸化水素 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) との混合溶液 ( $\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 = 1 : 5$ )、及び塩酸 ( $\text{HCl}$ ) 溶液が好ましい。すなわち、まず、互いに貼り合わされたガラス基板 8 と GaAs 基板 1 とを  $\text{NH}_4\text{OH}$  と  $\text{H}_2\text{O}_2$  との混合溶液に浸す。これにより、GaAs 基板 1 は裏面側よりエッチングされていく。

エッチングが進み、GaAs 基板 1 が除去されてしまうと、続いて GaAs 基板 1 上に成長してあったバッファ層 2 (GaAs) がエッチングされ始める。その後、エッチングが更に進むと、バッファ層 2 が除去され、エッチング液中でエッチング停止層 3 が露出される。ここで、エッチング停止層 3 ( $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ ) は、このエッチング液ではエッチング速度が非常に遅いので、エッチング停止層 3 が露出されたときにエッチングが自動的に停止される。このようにして、まず、GaAs 基板 1 とバッファ層 2 とが除去される。

続いて、層 3～5 及び膜 6, 7 が残ったガラス基板 8 を  $\text{NH}_4\text{OH}$  と  $\text{H}_2\text{O}_2$  との混合溶液より取り出し、水洗、乾燥した後に、塩酸 ( $\text{HCl}$ ) 溶液に浸す。このとき、エッチング速度を速くするために  $\text{HCl}$  溶液を予め  $50^\circ\text{C}$  に加熱すると好ましい。GaAs は  $\text{HCl}$  溶液ではほとんどエッチングされないので、今度はエッチング停止層 3 ( $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ ) のみがエッチングされ、光吸収層 4 (GaAs) が露出されたときにエッチングが自動的に停止される。このようにして、エッチング停止

層 3 が除去される。なお、HCl 溶液の代わりにフッ酸 (HF) 溶液を用いることもできる。

#### (5) 電極形成工程

5 この後、光吸収層 4 上にショットキー電極 10, 11 を形成する。すなわち、まず、プラズマ CVD 装置を用いて光吸収層 4 上に絶縁膜 9 を堆積する。その後、リソグラフィを利用した通常のパターン形成法により、絶縁膜 9 にショットキー電極 10, 11 の形状を成す開口部を設ける。そして、真空蒸着等により、この開口部にショットキー電極 10, 11 を形成する。

10 具体的には、この絶縁膜 9 は、CVD 工程で形成した反射防止膜 6 の堆積方法と同様の方法、すなわち、 $\text{SiH}_4$  と  $\text{NH}_3$  とを原料とした CVD 法により行えばよい。次に、レジスト膜を絶縁膜 9 上に塗布し、フォトリソグラフィとエッチングとによる通常のパターン形成方法によって、ショットキー電極 10, 11 が形成される部分の絶縁膜 9 を取り除く。そして、真空蒸着装置を用いて、所定の膜厚を有するチタン (Ti) / 白金 (Pt) / 金 (Au) の蒸着を行い、上記の絶縁膜 9 が取り除かれた部分に、後述する櫛部 10a, 11a とパッド部 10b, 11b を有するショット  
15 キー電極 10, 11 を形成する。

光吸収層 4 の上には、複数個の MSM-PD 20 に対応した複数組のショットキー電極 10, 11 が形成されるので、光吸収層 4 等が積層されたガラス基板 8 を各 MSM-PD 20 の素子形状に合わせてダイシングすることにより、チップ化された MSM-PD 20 が得られる。  
20

以上説明した通り、本実施形態による作製方法においては、多層膜 2 ~ 7 を GaAs 基板 1 上に形成した後、この GaAs 基板 1 をガラス基板 8 に融着してから GaAs 基板 1 を除去するため、GaAs 基板等の除去後の光吸収層 4 及び窓層 5 等は、ガラス基板 8 により機械的に保護され得る。そのため、光吸収層 4 及び窓層 5  
25 が破損されることはない。従って、MSM-PD 20 を生産性良く作製できる。

ここで、上記のようにして作製されたMSM-PD 20の構成を説明すると共に、その作用について説明する。

図2Aは、本実施形態の作製方法により作製されたMSM-PD 20をショットキー電極10, 11側から見た平面図である。図2Bは、図2Aの平面図のI-I線に沿う断面図である。

MSM-PD 20は、図2Bに示すように、光が入射されるガラス基板8と、ガラス基板8とGaAs基板1との貼り合わせ面としての最表面膜7と、ガラス基板8から入射された光を効率的に透過させる反射防止膜6と、入射した光を吸収し、この吸収によりその内部で電子-正孔対が励起される光吸収層4とを備える。

さらに、MSM-PD 20には、光吸収層4と接するように絶縁膜9と、絶縁膜9の開口部において光吸収層4と接触するショットキー電極10, 11とが設けられている。ここで、ショットキー電極10, 11は、図2Aに示す通り、互いに交互に配置される櫛の歯状に形成された櫛部10a, 11aとパッド部10b, 11bとを有する。

ショットキー電極10, 11が接触している部分において、光吸収層4にはショットキー接合が形成されており、櫛部10a、光吸収層4(GaAs)、及び櫛部11aによってMSM構造が形成される。

MSM-PD 20により実際に光を光検出する際には、ショットキー電極10, 11に図示しない電源を接続し、電極10, 11の間に電圧を印加する。この状態において、光h $\nu$ が、図2Bに示すように、ガラス基板8側から入射される。

ここで言う光h $\nu$ とは、例えば光LANシステムを構成する光ファイバから出射される光である。入射された光h $\nu$ は、ガラス基板8、最表面膜7、反射防止膜6、及び窓層5を順次透過して光吸収層4へと至る。光吸収層4では、この光h $\nu$ が吸収されて電子-正孔対が励起される。励起された電子と正孔とは、ショットキー電極10, 11に印加された電圧により形成された電界によって、それぞれ極性の異なる電極10, 11(櫛部10a, 11a)に向かってドリフトしていく。

そして、電子及び正孔は、各櫛部10a, 11aに到達すると、櫛部10a, 11aとパッド部10b, 11bを経て電流として外部に出力される。光吸収層4内で励起される電子-正孔対の数は入射する光 $h\nu$ の強度の強弱に応じて増減するため、電極10, 11より出力される電流の電流値が増減する。その結果、光 $h\nu$ の強度変化により搬送される光信号が電気信号に変換される。

上記のように、MSM-PD20では、光がガラス基板8側から入射され、光の吸収のない最表面膜7、反射防止膜6、及び窓層5を順次透過して光吸収層4へと到達できる。そのため、光を電極側から入射した場合には問題となった電極により光が遮蔽又は吸収されてしまうことはない。そのため、MSM-PD20では、光検出感度の低下がない。

以下に、上述のMSM-PD20を用いて構成され、光通信システム等に適用するに好適な光検出装置について説明する。

図3は、MSM-PD20をパッケージ31に組み込んだ光検出装置30を示す模式図である。このパッケージ31は、窒素等の不活性ガスが封入され互いに気密封止される3つの部材、すなわち、金属製の下部パッケージ31a、金属製の上部パッケージ31b、及びガラス製の窓部31cを備える。下部パッケージ31aの上面(上部パッケージ30b側の面)には、MSM-PD20から出力される電気信号の処理を行うためのプリアンプチップ32が設けられている。

プリアンプチップ32には、図3に示すように、下部パッケージ31aと接触する面と反対側の面に、プリアンプチップ32とMSM-PD20とを電氣的に接続するためのバンプ電極32a, 32bが形成されている。このバンプ電極32a, 32bは、MSM-PD20のショットキー電極10, 11のパッド部10b, 11bの間隔と等しい間隔でそれぞれ設けられている。そして、プリアンプチップ32の上部に、バンプ電極32a, 32bとパッド部10b, 11bとが互いに接すると共に電氣的に導通するようにMSM-PD20が重ね合わされ、載置される。

また、プリアンプチップ 32 の上部には、プリアンプチップ 32 に対して電力を供給するための電源(図示せず)を接続する電極 32 c と、プリアンプチップ 32 内部で処理された電気信号を外部回路(図示せず)に対して出力する電極 32 d とが設けられている。さらに、これらの電極 32 c, 32 d と、下部パッケージ 31 a に備えられた端子 33, 34 とが金線 35, 36 を介して接続される。

このように構成された光検出装置 30 では、図 3 に示す通り、MSM-PD 20 を構成するガラス基板 8 が窓部 31 c と対向するように設けられているので、窓部 31 c を透過した光がガラス基板 8 を通して光吸収層 4 に入射される。そして、この光の入射により発生される電気信号が、パッド部 10 b, 11 b からバンプ電極 32 a, 32 b を介してプリアンプチップ 32 に入力される。そして、プリアンプチップ 32 で処理された電気信号が光検出装置 30 の外部に設けられた外部回路に対して出力される。プリアンプチップ 32 で行われる処理とは前段増幅等であり、これにより、外部回路での信号処理が容易に行われ得る。

なお、ここに示した MSM チップとプリアンプチップ及び端子との間の配線や接続の形態・方法は、本項目の説明のために模式的に図示したものであり、実際の配線や接続は、それぞれの場合に応じてなされるものである。もちろん、プリアンプチップを備えず、MSM チップ単体で構成されてもよい。

次に、MSM-PD 20 を用いて構成される光検出装置の他の例について説明する。図 4 A は、MSM-PD 20 を用いて構成された光検出器を電極側から見た平面図である。図 4 B は、図 4 A の平面図の I-I 線に沿う断面図である。

図 4 B に示すように、光検出器 50 は、ショットキー電極 10, 11 のパッド部 10 b, 11 b に金電極 52, 53 を備える。また、光検出器 50 は、ショットキー電極 10, 11、絶縁膜 9、及び光吸収層 4 を覆い、金電極 52, 53 が露出するように設けられた SiN 又は SiO<sub>2</sub> により成る絶縁保護膜 51 を有する。

このような構成は以下のようにして作製される。

上述した(4)電極形成工程においてショットキー電極10, 11の形成された後(ダイシング前)に、ショットキー電極10, 11が形成された面にプラズマCVD装置により厚さ約 $0.5\mu\text{m}$ の絶縁保護膜51を形成する。次に、フォトリソグラフィとエッチングとによって、ショットキー電極10, 11のパッド部10b, 11bの一部が露出するように、SiN膜又は $\text{SiO}_2$ 膜を除去する。

次に、真空蒸着によって、露出されたパッド部10b, 11bに金(Au)の薄膜を形成する。続いて、金の電解メッキを行って金電極52, 53をパッド部10b, 11bに選択的に形成する。

その後、ダイシングによりチップ化して光検出器50を得る。金電極52, 53の表面にはさらに鉛(Pb)－錫(Sn)等のはんだ材を塗膜しても良い。

このように、光検出器50は、ガラス基板8を光入射部とし、光入射部と反対側の面が絶縁保護膜51で被覆されると共に、金電極52, 53が露出された構成を有する。そのため、汎用のチップ抵抗器又はチップコンデンサ等の回路素子又は電子部品と同様に、光検出器50を単体の部品として取り扱うことができる。また、例えば、MSM-PD20をハイブリッドICと組み合わせて実装する場合にも、実装作業を容易に行えるという利点がある。

上記の実施形態においては、GaAsから構成された光吸収層4を有するMSM-PD20を作製する場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく種々の変形が可能である。

例えば、プラズマエッチング装置等を利用したドライエッチング技術を用いて、GaAs基板1等をエッチングするようにしても良い。この場合には、ドライエッチング技術において通常用いられるエンドポイント検知法により、光吸収層4が露出した時点でエッチングを停止することが望ましい。

また、エピタキシャルリフトオフ法と同様にして、GaAs基板1等を除去するようにしてもよい。すなわち、上記実施形態においてはエッチング停止層3としてのAl組成比xが0.5の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ を形成したが、これに替わりAlA

s 層を形成する。そして、多層膜(層 2、AlAs 層、層 4、5、膜 6、7)が形成された GaAs 基板 1 とガラス基板 8 とを、多層膜の最表面膜とガラス基板 8 とが接するように互いに接着する。

そして、ガラス基板 8 をエッチング液から保護するための保護膜等を形成した後、互いに接着された両基板 1、8 をフッ酸(HF)溶液に浸すと、AlAs が HF により選択的且つ急速にされるため、GaAs 基板 1 及びバッファ層 2 が光吸収層 4 及び窓層 5 等から分離される。こうして、光吸収層 4 及び窓層 5 等が形成されたガラス基板 8 が得られる。このような方法により GaAs 基板 1 等を除去する場合であっても、光吸収層 4 及び窓層 5 等はガラス基板 8 に接着されているので、機械的に保護され得る。

さらに、多層膜 1～7 が形成された GaAs 基板 1 とガラス基板 8 とを接着する際、入射光を吸収しない接着剤等を用いれば、このような接着剤等を用いて両基板 1、8 を接着するようにしても構わない。

さらにまた、上記の実施形態では、(1)結晶成長工程においてエッチング停止層 3 に引き続いて光吸収層 4 を成長したが、例えば、エッチング停止層 3 上に他の層を成長した後に、この層の上に光吸収層 4 を成長するようにしてもよい。この層とは、電極 10、11 と光吸収層 4 との界面近傍での光吸収層 4 (GaAs) のエネルギーバンドの湾曲を適宜調整して電子及び正孔のドリフトを効果的に行われるようにする、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x=0.1\sim0.5$ ) 等のいわゆるショットキーエンハンスメント層等であってよい。

また、このような層を用い、且つエッチングにより GaAs 基板 1 等を除去する場合には、エッチング停止層 3 とこの層との間に GaAs 層を設けるなど、各層を選択的にエッチングするための構造上の工夫が必要となることは言うまでもない。

またさらに、本発明の半導体光検出器の作製方法により作製される半導体光検出器は、上記実施形態における GaAs 基板を用いて作製される近赤外領域用の光検出器に限られるものではなく、上記作製方法により作製される全ての半導体光検出



器に適用できる。例えば、InP基板を用いて作製される赤外領域で感度を有する光検出器であっても、必要に応じて本発明の半導体光検出器の作製方法により作製しても良い。また、可視光領域の光に対して感度を有する光検出器として、光吸収層がAlGaInPであり、GaAs基板を用いて作製される光検出器も本発明の作製方法により好適に作製され得る。

またさらに、実施形態の結晶成長工程ではMOCVD法によるもののみを示したが、本発明の適用範囲はこれに限られるものではなく、VPE（気相成長法）、MBE（分子線成長法）、MOMBE（有機金属分子線成長法）、CBE（化学ビーム成長法）、LPE（液相成長法）等、あらゆる半導体結晶成長方法を用いて実施することが可能である。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、半導体光検出器の作製方法に利用できる。

## 請求の範囲

1. 入射光の吸収により電子と正孔とが励起される光吸収層を備える半導体光検出器の作製方法であって、

前記光吸収層を含む多層膜を基板上に形成し、

5 前記多層膜の最表面膜が、入射光に対して透明な材料で構成された透明基板の一方の面と接触するように、前記多層膜が形成された前記基板と前記透明基板とを接着し、

前記透明基板上に少なくとも前記光吸収層が残存するように、前記透明基板に接着された前記基板、若しくは前記基板と前記多層膜の一部の層とを除去し、

10 前記透明基板に残存した多層膜上に、互いに隔たった2つの電極を形成する、ことを特徴とする半導体光検出器の作製方法。

2. 前記多層膜を形成する際に、

前記光吸収層と前記基板との間に設けられ、前記光吸収層と異なる材料から構成される停止層が前記多層膜に含まれるよう形成し、

15 前記透明基板に接着された前記基板、若しくは前記基板と前記多層膜のうちの一部の層とを除去する際に、

前記基板と、前記基板と前記停止層との間に存在する前記多層膜の一部の層と、を除去した後、

20 前記停止層を除去する、ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の半導体光検出器の作製方法。

3. 前記透明基板が硼珪酸ガラスから構成され、且つ前記多層膜の最表面膜がケイ素の酸化物から構成されており、

前記多層膜の最表面層と前記透明基板の一方の面とが互いに接触するように、前記多層膜が形成された前記基板と前記透明基板とを融着させることを特徴とする

25 請求の範囲第1項に記載の半導体光検出器の作製方法。

図1A 結晶成長工程

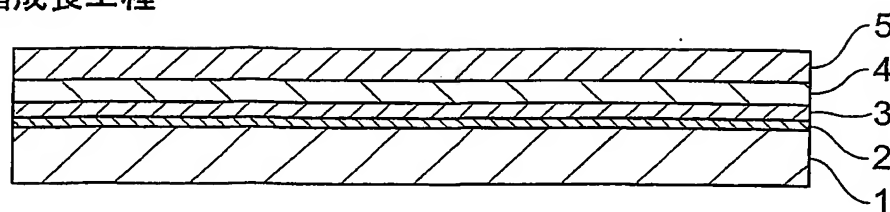


図1B CVD工程

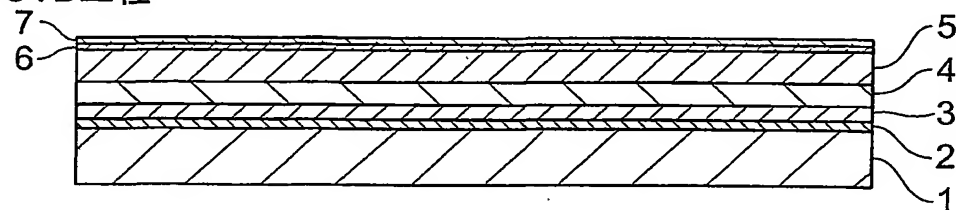


図1C 貼り合わせ工程

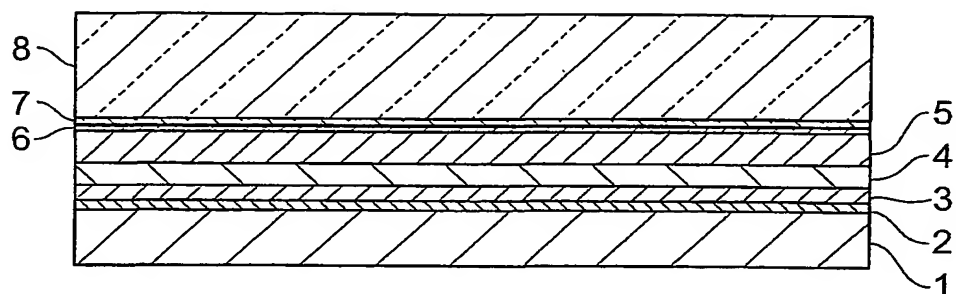


図1D エッチング工程

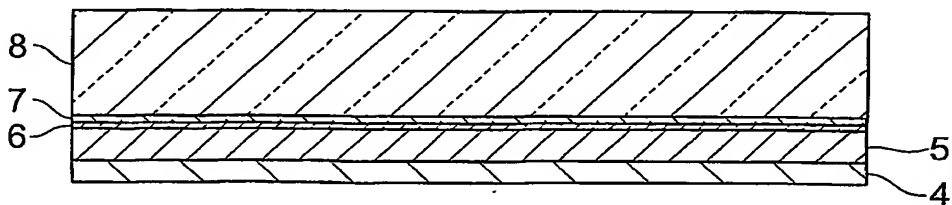


図1E 電極形成工程

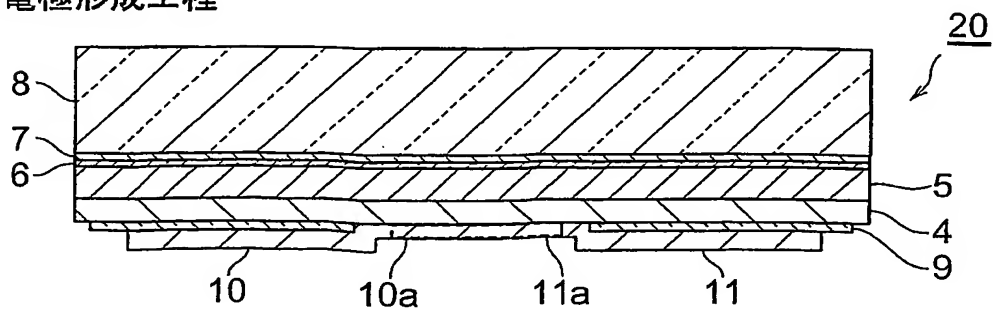


図2A

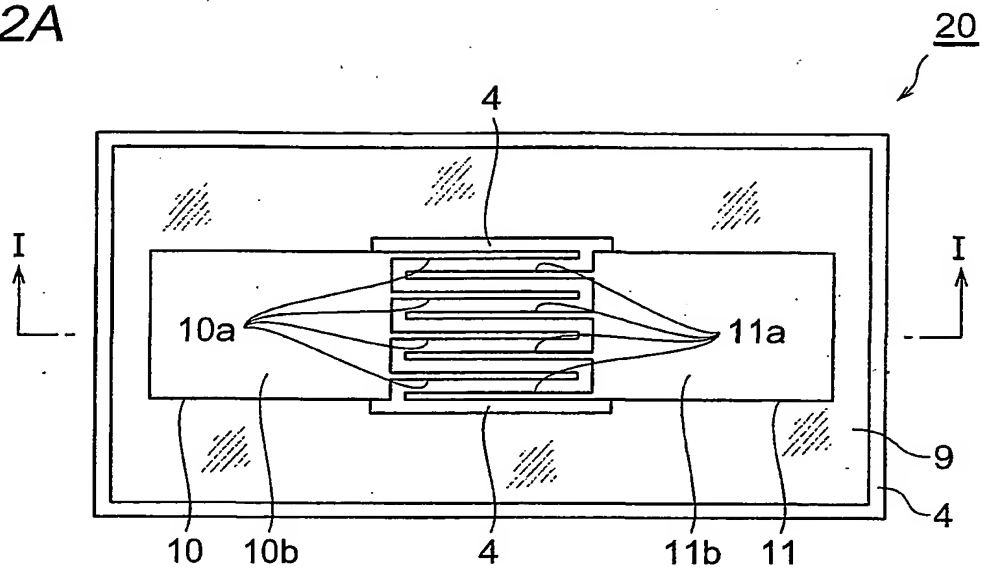


図2B

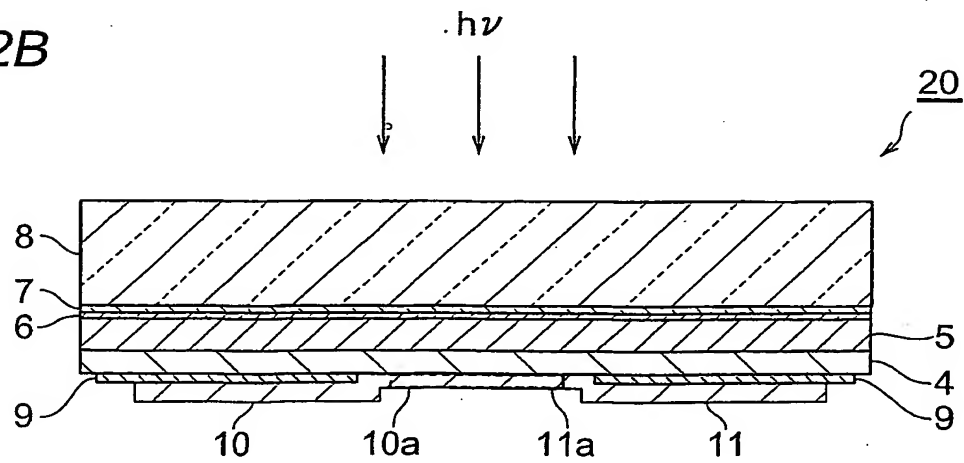


図3

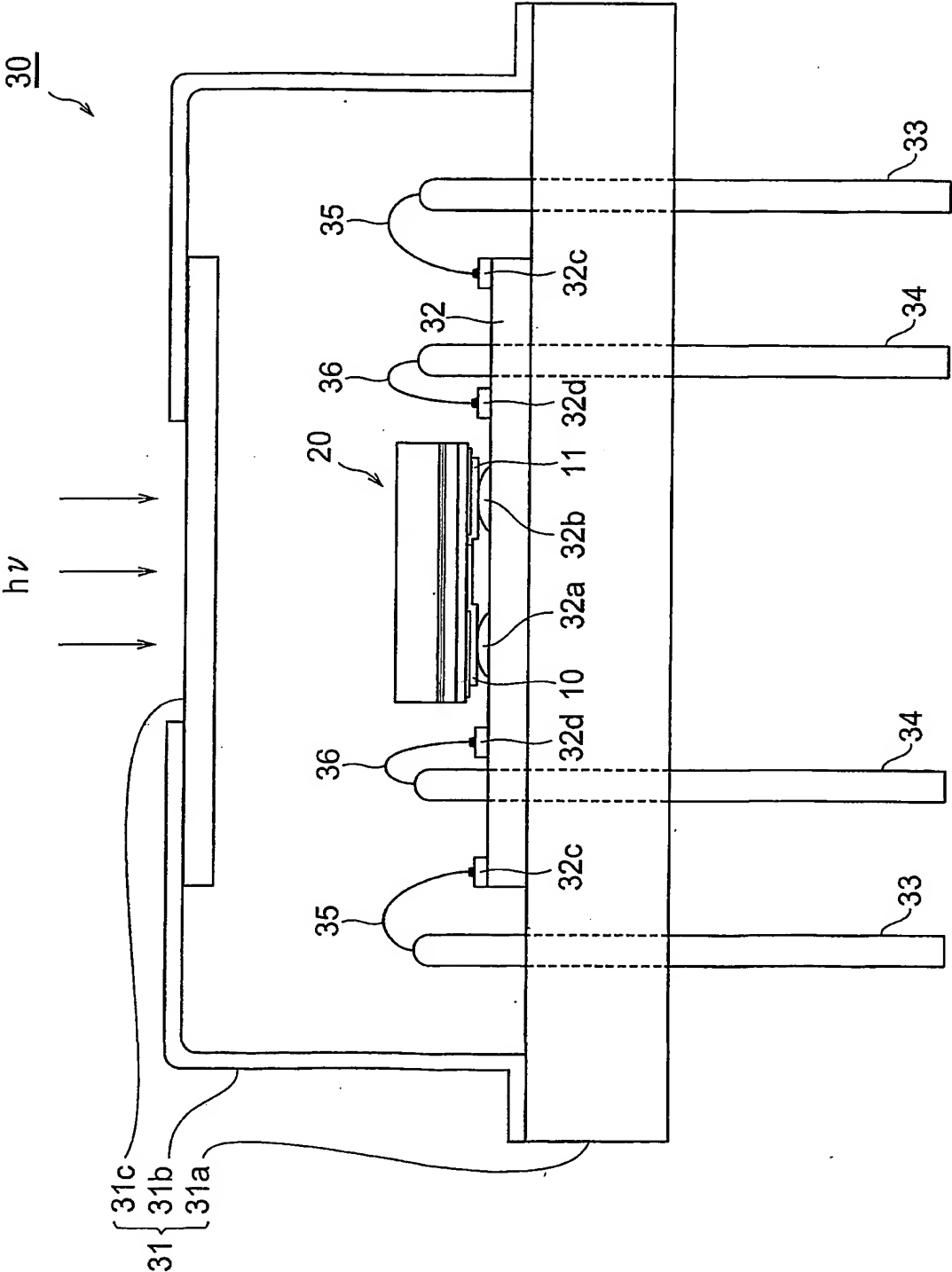


図4A

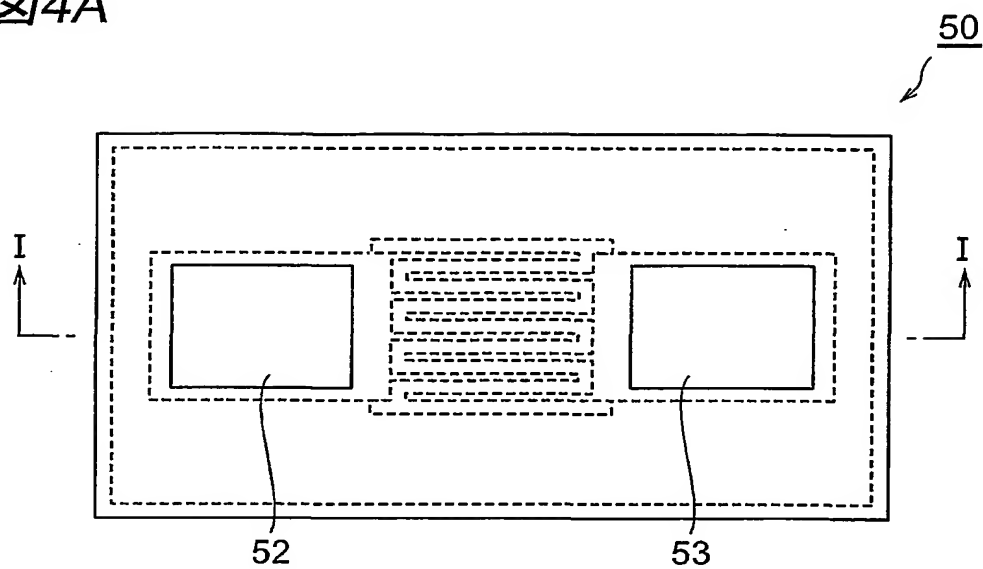
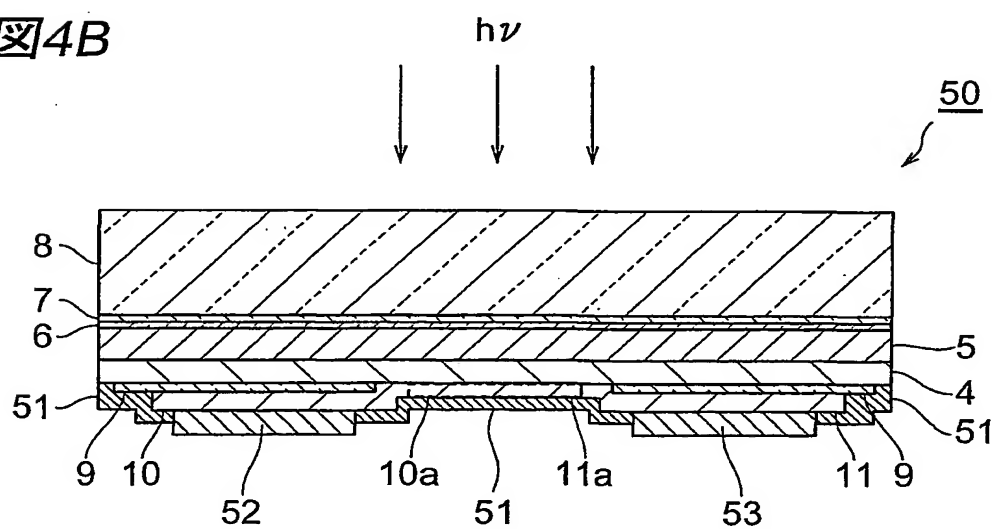


図4B



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/101

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/00-31/119, H01L27/12-27/13

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4226649 A (Davey), 07 October, 1980 (07.10.80) (Family: none)	1-3
A	US 5330918 A (Dubbelday), 19 July, 1994 (19.07.94) (Family: none)	1-3
A	JP 9-330940 A (Sony Corporation), 22 December, 1997 (22.12.97) (Family: none)	1-3
A	JP 6-151946 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 31 May, 1994 (31.05.94) (Family: none)	1-3
A	JP 58-200525 A (NEC Corporation), 22 November, 1983 (22.11.83) (Family: none)	1-3
A	JP 3-270073 A (Toshiba Corporation), 02 December, 1991 (02.12.91) (Family: none)	1-3
A	JP 10-270670 A (Sony Corporation), 09 October, 1998 (09.10.98) (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 November, 2001 (30.11.01)Date of mailing of the international search report  
11 December, 2001 (11.12.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09834

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 63422 A (Hughes Aircraft Company), 27 October, 1982 (27.10.82), & JP 58-12378 A & US 4593304 A & US 4696648 A	1-3
A	US 4601779 A (Abernathey), 22 July, 1986 (22.07.86), & DE 3686453 A & JP 61-296709 A & EP 207272 A & CA 1218762 A	1-3
A	US 5525828 A (Bassous), 11 June, 1996 (11.06.96), & JP 5-218490 A	1-3
A	"Thin-Film Inverted MSM Photodetectors", O. Vendier et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol.8, No.2, February 1996, pages 266 to 268	1-3



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L31/101

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L31/00-31/119, H01L27/12-27/13

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940年-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971年-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994年-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996年-2001年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 4226649 A (Davey) 7. 10月. 1980 (07. 10. 80) (ファミリーなし)	1-3
A	US 5330918 A (Dubblelday) 19. 7月. 1994 (19. 07. 94) (ファミリーなし)	1-3
A	JP 9-330940 A (ソニー株式会社) 22. 12月. 1997 (22. 12. 97) (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30. 11. 01

国際調査報告の発送日

11.12.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

浜田 聖司

2K

9207

電話番号 03-3581-1101 内線 3254

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-151946 A (日本電信電話株式会社) 31. 5月. 1994 (31. 05. 94) (ファミリーなし)	1-3
A	JP 58-200525 A (日本電気株式会社) 22. 11月. 1983 (22. 11. 83) (ファミリーなし)	1-3
A	JP 3-270073 A (株式会社東芝) 2. 12月. 1991 (02. 12. 91) (ファミリーなし)	1-3
A	JP 10-270670 A (ソニー株式会社) 9. 10月. 1998 (09. 10. 98) (ファミリーなし)	1-3
A	EP 63422 A (Hughes Aircraft Company) 27. 10月. 1982 (27. 10. 82) & JP 58-12378 A & US 4593304 A & US 4696648 A	1-3
A	US 4601779 A (Abemathey) 22. 7月. 1986 (22. 07. 86) & DE 3686453 A & JP 61-296709 A & EP 207272 A & CA 1218762 A	1-3
A	US 5525828 A (Bassous) 11. 6月. 1996 (11. 06. 96) & JP 5-218490 A	1-3
A	"Thin-Film Inverted MSM Photodetectors", O. Vendier et al., IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 2, February 1996, p. 266-268	1-3